

## ⑫ 公開特許公報(A)

昭62-69617

⑬ Int. Cl.<sup>4</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 昭和62年(1987)3月30日

H 01 L 21/30  
G 03 F 7/20Z-7376-5F  
7124-2H

審査請求 未請求 発明の数 1 (全6頁)

⑮ 発明の名称 投影露光装置

⑯ 特 願 昭60-210744

⑰ 出 願 昭60(1985)9月24日

⑱ 発 明 者 谷 元 昭 一 東京都品川区西大井1丁目6番3号 日本光学工業株式会社大井製作所内

⑲ 出 願 人 日本光学工業株式会社 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

⑳ 代 理 人 弁理士 渡辺 隆男

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

投影露光装置

## 2. 特許請求の範囲

(1) 所定のパターンが形成されたマスクにエネルギー線を照射し、該パターンの像を投影光学系を介して感光体に露光する装置において、前記投影光学系の結像特性を変化させるために、前記投影光学系内の少なくとも一部の空気室を密封し、該空気室内の気体の圧力を所定範囲内で可変にする第1制御手段と；前記少なくとも一部の空気室に印加される圧力と、該空気室と光学素子を挟んで接する隣りの空間の圧力との差圧の符号が、前記所定範囲内においては常に一定になるように圧力制御する第2制御手段とを備えたことを特徴とする投影露光装置。

(2) 前記隣りの空間が、前記光学素子を隔壁とした投影光学系内の密封された空気室である場合、前記第2制御手段は、前記第1制御手段によって制御される所定範囲内の圧力変化の下限値、又は

上限値に対して、前記隣りの空気室の圧力を下限値よりも低い一定値、又は上限値よりも高い一定値のいずれか一方に保つように制御する定圧制御系を有することを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の装置。

(3) 前記隣りの空間が前記光学素子を隔壁とした大気圧である場合、前記第2制御手段は、前記第1制御手段によって制御される圧力変化の所定範囲が、予測され得る大気圧変動の範囲外に設定されるように、前記第1制御手段に圧力オフセットを与える手段であることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の装置。

## 3. 発明の詳細な説明

(発明の技術分野)

本発明は投影光学系を備えた露光装置において、投影されたマスクのパターン像を所定の投影状態に制御する投影露光装置に関する。

(発明の背景)

縮小投影型露光装置(以下、単に露光装置と呼ぶ)は近年超LSIの生産現場に多く導入され、

大きな成果をもたらしているが、その重要な性能の一つに重ね合せマッチング精度があげられる。このマッチング精度に影響を与える要素の中で重要なものに投影光学系の倍率誤差がある。超L S Iに用いられるパターンの大きさは年々微細化の傾向を強め、それに伴ってマッチング精度の向上に対するニーズも強くなってきている。従って投影倍率を所定の値に保つ必要性は極めて高くなってきている。現在投影光学系の倍率は装置の設置時に調整することにより倍率誤差が一応無視できる程度になっている。しかしながら、露光装置の投影光学系、例えば縮小投影レンズは、露光エネルギーの一部を吸収して温度が上昇する。このため縮小投影レンズに長時間、露光の光が照射され続けたり、露光動作が長時間連続して行なわれると、倍率が無視し得ない程度に変化する可能性がある。また、倍率変動だけではなく、縮小投影レンズの結像面の位置が光軸方向に変動する可能性もある。このため、そのような投影光学系を備えた露光装置を用いて、超L S I等の半導体装置を

## ( 3 )

レンズ(光学素子)に対し、常に一方方向の圧力しかかからないように、結像特性を変化させるために圧力制御する空気室と隣接した空気室の圧力を制御したり、隣接する空間が大気圧の場合は、圧力制御する空気室に、圧力オフセットを加えたりすることを技術的要点としている。

## ( 実施例 )

第1図は本発明の第1の実施例による投影露光装置の概略的な構成を示す図である。基本的な構成は、特開昭60-28613号公報、又は特開昭60-78454号公報に開示された装置と同一であるから、その基本構成については簡単に説明する。第1図においてレチクルRは照明光学系2からの光で均一に照明され、レチクルRの回路パターンの像は投影レンズ1によって感光体としてのウェハW上に結像する。ウェハWはステップ・アンド・リピータ露光用のステージ3に載置されている。投影レンズ1の内部には複数枚のレンズ素子が配置されるが、第1図ではそれらのうちで代表的な5枚のレンズ素子G<sub>1</sub>、G<sub>2</sub>、G<sub>3</sub>、G<sub>4</sub>、

## ( 5 )

製造すると、重ね合せマッチング精度が低下するとともに、結像面の変動による解像不良を招き、歩留りを著しく悪くするという欠点があった。

これらの欠点を解決するものとして本出願人の出願による特開昭60-78454号公報に開示されているようにレンズの内圧を変化させて倍率変動等の結像特性を制御する例がある。この例において圧力の制御範囲を、圧力を保つ為の隔壁となるレンズに対し、その差圧が正負の符号にわたって変化するように定めるとレンズ両側の圧力差により、隔壁となるレンズに長期的な位置変化が生じ、長期間にわたり、結像特性が変化するという欠点があった。

## ( 発明の目的 )

本発明は上記欠点を解決すべく、倍率変動や結像面の位置変動に対して常に安定した投影状態を維持し得る投影露光装置を提供することを目的とする。

## ( 発明の概要 )

本発明は、圧力を制御する空気室の隔壁となる

## ( 4 )

G<sub>5</sub>を示してある。レンズ素子G<sub>1</sub>とG<sub>2</sub>に挟まれて密封された空気室Hは専ら投影レンズ1の結像倍率を調整するためのものであり、レンズ素子G<sub>3</sub>とG<sub>4</sub>に挟まれて密封された空気室Nは専ら投影レンズ1の焦点位置を調整するためのものである。レンズ素子G<sub>1</sub>はレチクルRに対向した第1面のレンズであり、投影レンズ1の内部を外気から密封するように鏡筒に固定されている。レンズ素子G<sub>1</sub>とG<sub>2</sub>の間の空気室Aには、実際には多数枚のレンズ素子と空気間隔とが存在するが、それら空気間隔同志は全て内部で連通しているため、1つの空気室Aとして扱う。またレンズ素子G<sub>3</sub>とG<sub>4</sub>の間にも何枚かのレンズ素子と空気間隔とが存在するが、それら空気間隔同志は全て内部で連通しているため、1つの空気室Bとして扱う。そしてレンズ素子G<sub>5</sub>はウェハWに対向する最終面のレンズであり、投影レンズ内部を外気から密封するように固定されている。

さて、本発明の第1制御手段としての結像特性調整装置ABCには、加圧空気供給器4、演算器

## ( 6 )

5、大気圧の計測器6、排気装置(真空源)10、フィルター13、23、及び圧力制御器12、22が設けられている。そして大気圧変化に伴う倍率誤差を補償する際は、計測器6によって大気圧の変動量を検出し、その情報に基づいて演算器5は圧力制御器12を制御する。圧力制御器12は加圧の指令が与えられると、フィルター13からのドライ・エアをパイプ11を介して空気室Hに注入する。空気室Hの圧力は圧力センサー14によって検出され、その情報は演算器5にフィードバックされ、空気室Hの圧力は倍率誤差を補償するように設定される。また圧力制御器12に減圧の指令が与えられると、排気装置10によってパイプ11を介して空気室H内の空気が排出され、同様に空気室Hが所定の圧力になるように制御される。さらに大気圧変化に伴う焦点誤差を補償する際は、圧力センサー24、演算器5、及び圧力制御器22によるフィードバック制御により、パイプ21を介して空気室Nの内圧を調整する。

## (7)

Hの圧力が結像特性を調整するために、上限( $760 + P_1$ ) mmHgに近い値まで上昇すると、レンズ素子 $G_1$ は全体的に上方(レンズ素子 $G_1$ の方)に向う大きな力を受ける。同様にレンズ素子 $G_2$ も全体的に下方(レンズ素子 $G_2$ の方)に向う大きな力を受ける。これは空気室Nの隔壁となっているレンズ素子 $G_3$ 、 $G_4$ についても同様である。しかしながら空気室H、Nの圧力制御範囲は設計上、 $760$  mmHgを中心に $+P_1$ 、 $-P_1$ に定められているため、場合によっては、レンズ素子 $G_1$ 、 $G_2$ 、 $G_3$ 、 $G_4$ に発生する力の向きが上記の場合と逆になることがある。このことは各レンズ素子を鏡筒に取り付けている部分に、光軸方向に沿って互いに逆方向のストレスを繰り返し加えることになり、長期的には各レンズ素子の機械的な固定を不安定にし、その結果、投影レンズ1全体の結像性能を低下させることになる。

そこで本実施例では特に空気室H、Nの隔壁となっているレンズ素子 $G_1$ 、 $G_2$ 、 $G_3$ が、空気室A、B、H、Nの各圧力の差圧によらず、常に一方向

## (9)

また投影レンズ1に露光光が通ることによって引き起される倍率変動、焦点変動については、投影レンズ1の露光光照射状態を検出する不図示の検出手段(特開昭60-78454号公報に開示されている手段)からの情報HDに基づいて、演算器5が各空気室H、Nの圧力調整量を算出し、同様に圧力のフィードバック制御を行なう。ここで圧力制御器12、22で制御される各空気室H、Nの圧力変化には、ある範囲が定められている。これは極端な加圧、減圧によって各レンズ素子に生じる破壊的な応力を防止するためである。今までの装置では、例えば標準大気圧( $760$  mmHg)に対して空気室H、Nの圧力の上限を $+P_1$ 、下限を $-P_1$ に定め、空気室A、Bは製造時の大気圧で密封、あるいは大気圧に解放していた。このため大気圧変動、露光光の照射状態に応じて空気室H、Nの圧力を制御すると、空気室H、Nの隔壁となるレンズ素子 $G_1$ 、 $G_2$ 、 $G_3$ 、 $G_4$ には、空気室A、B、の圧力又は大気圧との差圧によって大きな応力が繰り返し発生することがある。例えば空気室

## (8)

の応力を受けるように、第2制御手段としての定圧制御系30を設ける。この定圧制御系30は空気室A、Bを常に一定の圧力に保つように作動し、その一定圧力値は、空気室H、Nの制御圧力値の下限( $760 - P_1$ ) mmHgよりも低い値、あるいは上限( $760 + P_1$ ) mmHgよりも高い値のいずれか一方に定められている。このようにすると、レンズ素子 $G_1$ 、 $G_2$ 、 $G_3$ は空気室H、Nの制御圧力値にかかわらず常に一方向の応力しか受けないこと、すなわち差圧の符号が正負に変化せず、正又は負の一方になり、それを考慮してレンズ素子 $G_1$ 、 $G_2$ 、 $G_3$ の鏡筒への取り付け方法を工夫すれば、レンズ素子 $G_1$ 、 $G_2$ 、 $G_3$ が長期的に変動してしまふことが押えられる。その取り付け方法の一例として、例えばレンズ素子 $G_1$ については常に上方にのみ応力を受けることにすれば、レンズ素子 $G_1$ の上面の周辺を鏡筒内壁の突出した取付け基準面に当接させるようにし、レンズ素子 $G_1$ の下面の周辺と鏡筒内壁とを接着剤又はカシメで固定すればよい。

## (10)



以上本実施例によれば、空気室 A、B を加圧、又は減圧した一定値に保つため、レンズ素子 G<sub>1</sub> についても有利な点がある。すなわちレンズ素子 G<sub>1</sub> は大気圧と空気室 A の圧力との差圧の符号に応じた方向に力を受けるが、空気室 A の圧力は標準大気圧 760 mmHg よりもかなり高い値、又はかなり低い値に固定されているため、気象変化に伴う通常の大気圧変動の範囲内であれば、レンズ素子 G<sub>1</sub> に加わる力は一方向に限られ、レンズ素子 G<sub>1</sub> の長期的な安定度が向上するといった利点がある。尚、空気室 H、N はそれ自体で 1 つの空気間隔であってもよいし、又はいくつかの空気間隔を連通したものであってもよい。また定圧制御系 30 は加圧気体供給器 4、(又は排気装置 10) から気体の供給(又は真空引き)を受けるようにしてもよい。

次に本発明の第 2 の実施例を第 2 図を参照して説明するが、基本構成は従来の投影露光装置と同様であるので、主要部分以外は省略して図示してある。本実施例の投影レンズ 1 においては、空気

(11)

(式上)に導入するようにしてもよい。そして本実施例ではそのオフセット量  $\Delta P$  を、予測され得る大気圧変動量(標準大気圧 760 mmHg からの変動量)に基づいて定める。すなわち空気室 H、N の内圧を  $P_X$  とし、装置使用環境の大気圧を  $P_A$ 、予測される最低気圧を  $P_{A_1}$ 、予測される最高気圧を  $P_{A_2}$  とすると、以下の(1)、(2)式の関係が無条件に成り立つ。

$$(760 + \Delta P - P_{A_1}) \leq P_X \leq (760 + \Delta P + P_{A_2}) \quad \dots\dots(1)$$

$$P_{A_1} \leq P_A \leq P_{A_2} \quad \dots\dots(2)$$

そして、(1)式の範囲内で内圧  $P_X$  を制御している間、その内圧  $P_X$  が(2)式で定めた大気圧  $P_A$  の変動範囲外になるように、すなわち  $P_X > P_{A_2}$ 、又は  $P_X < P_{A_1}$  のいずれか一方が常に成立するように、オフセット量  $\Delta P$  が決定されている。このようにすると、もともとそのような圧力オフセットを考慮して作られていない投影レンズにおいては、絶対的な結像倍率が一定量だけオフセットしたところで、内圧  $P_X$  の範囲で決まる量だけ微小量倍

(13)

室 A、B が大気に解放、もしくはリークしているものとする。空気室 A、B の内圧が大気圧とともに変動するような構成の露光装置が半導体素子の製造現場で使われている場合、先の第 1 実施例のように空気室 A、B を密封して、定圧制御系 30 を付加する作業はほとんど不可能に近い。そこで第 2 図のように、演算器 5 の内部に、本発明の第 2 制御手段としての圧力オフセット設定部 50 を設ける。これは圧力制御器 12、22 に与えられる空気室 H、N の圧力制御の指令値を、一定量だけ低い値、又は高い値のいずれか一方にシフトさせるためのものである。その圧力オフセット量を  $\Delta P$  とすれば、空気室 H、N の制御圧力範囲は、 $(760 + \Delta P)$  mmHg を中心に上限は  $(760 + \Delta P + P_{A_2})$  mmHg、下限は  $(760 + \Delta P - P_{A_1})$  mmHg にシフトされる。もちろんその時の上限、下限がレンズ素子や取り付け部の破壊、変形に至らないように定められていることは言うまでもない。その圧力オフセット設定部 50 はハードウェア上で設けてもよいし、演算処理中にソフトウェア的

(12)

率変化を起すことになる。このことは複数の同種の装置を混用する場合は不都合となる。しかしながら、投影レンズ 1 の物体(レチクル R)側が非テレセントリック系である場合は、レチクル R と投影レンズ 1 の機械的な間隔を再調整するだけで、圧力オフセットに基づく絶対倍率のずれを容易に修正することができる。このため投影レンズ 1 自体の倍率は圧力オフセットにより設計上の値からわずかにずれたものになってしまうが、そのずれに応じてレチクル R と投影レンズ 1 との間隔を設計上の値から変更することによって、ウェハ W 上に投影されるパターン寸法は絶対倍率で投影されたのと等価になる。

以上本実施例によれば、大気圧変動があつたとしても、空気室 H、N の内圧は常に大気圧よりも低い値、又は高い値のいずれか一方で制御されるから、レンズ素子 G<sub>1</sub>、G<sub>2</sub>、G<sub>3</sub>、G<sub>4</sub> には常に一方の応力しか発生せず、長期的に結像特性が変化することがない。また、電気的な制御系でオフセットを加えらるとともに、レチクル R と投影レンズ

(14)

1の間隔を再調整するという、簡単な作業でよい  
ため、半導体素子の製造現場で使われている装置  
に対して、短時間のうちに改良が加えられるとい  
った利点もある。

( 発 明 の 効 果 )

以上、本発明によれば、投影光学系を構成する光学素子（レンズ）に加わる圧力が常に一方向に限られるので、光学素子を保持する構造が簡単になり、かつ長期間に渡って光学素子の位置変化が少なく、極めて安定した結像性能が得られるという効果がある。また縮小投影型露光装置等に用いられる投影レンズは大きな視野にわたって回折限界に近い結像を実現するように設計されているので、それを実現させるためのレンズ保持方法にしても、できるだけレンズを歪ませないようにする配慮が必要である。本発明のようにレンズが常に一方向の圧力しか受けないようにされていると、圧力の働く方向とは異なる方向（逆方向）に関してレンズを強く保持する必要がなくなるので、レンズに無用な歪みを与える可能性が極めて少なく

なる。さらに、レンズ隔壁に正負両方向の圧力を加える従来装置のように、内圧を変化させていくとき、圧力差の符号が反転するところ、すなわち圧力差が零前後になったときのレンズとその保持部との間で生じるガタの影響がなくなり、良好な結像特性が維持される。

#### 4. 図面の簡単な説明

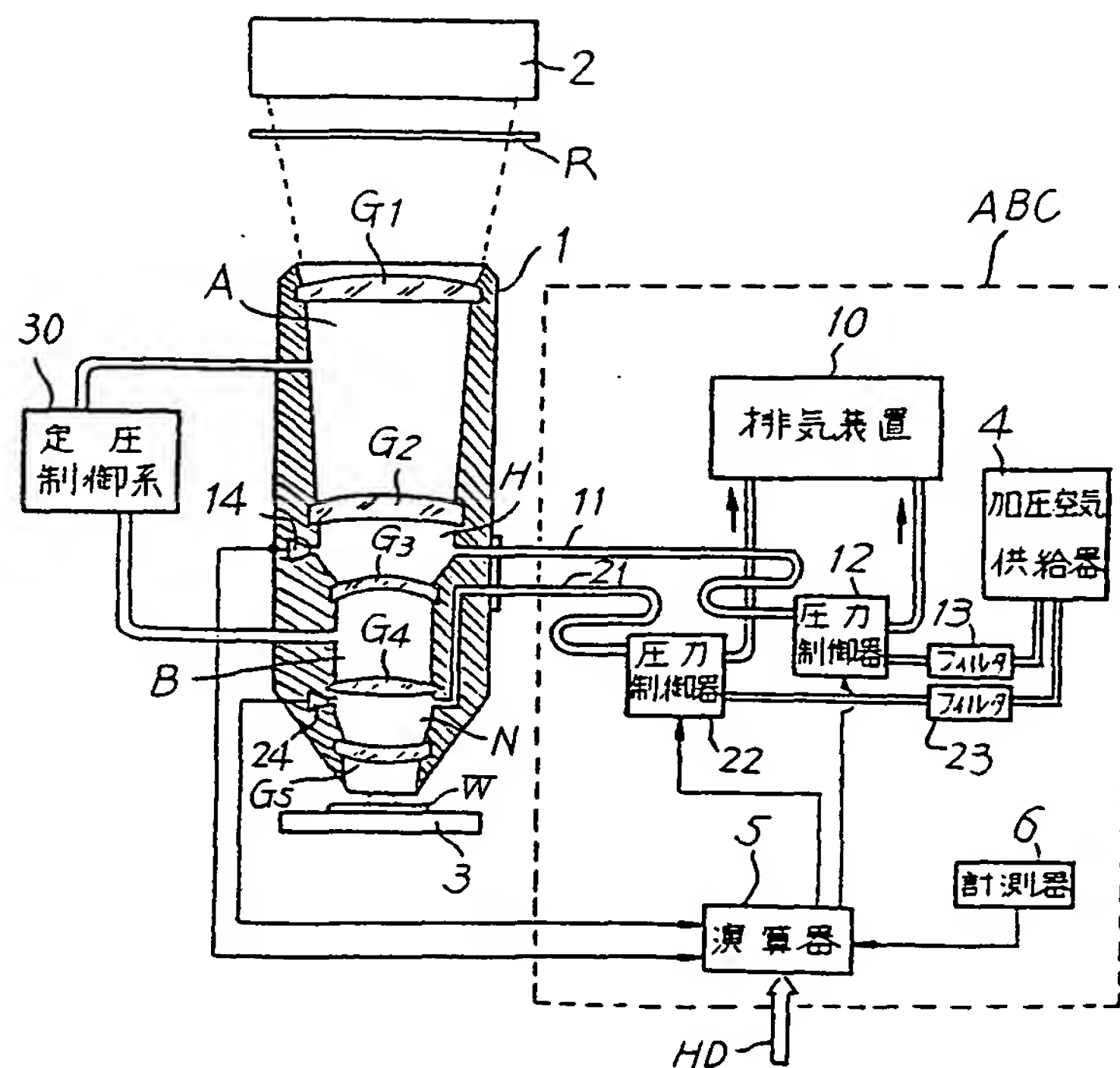
第 1 図は本発明の第 1 の実施例による投影露光装置の概略的な構成を示す図、第 2 図は本発明の第 2 の実施例による投影露光装置の概略的な構成を示す図である。

( 主要部分の符号の説明 )

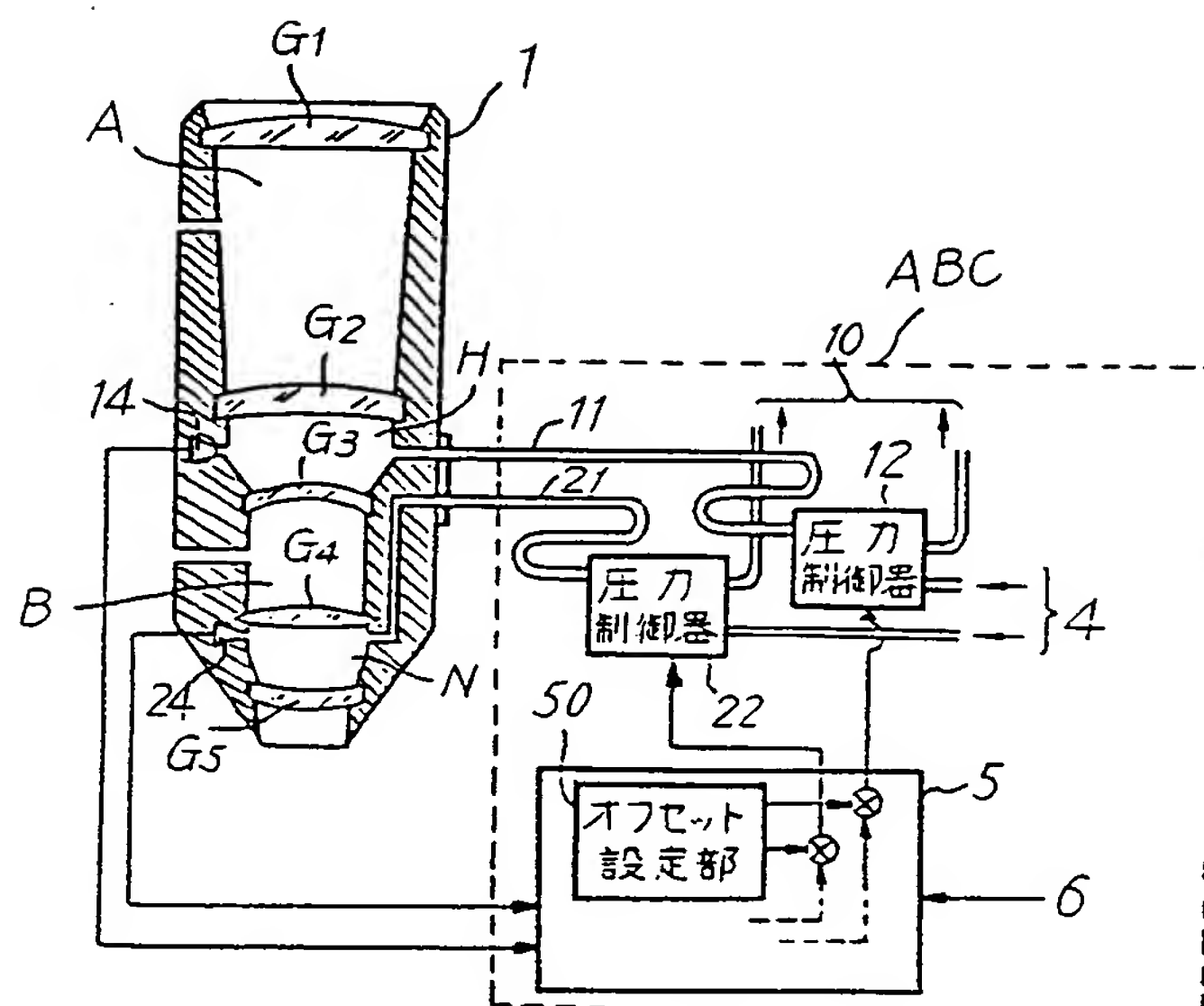
1 …… 投影レンズ、5 …… 演算器、30 …… 定圧制御系、50 …… 圧力オフセット設定部、ABC …… 結像特性調整装置、A、B …… 定圧制御、又は大気圧解放される空気室、H、N …… 結像特性調整用に圧力制御される空気室、G<sub>1</sub>、G<sub>2</sub>、G<sub>3</sub>、G<sub>4</sub>、G<sub>5</sub> …… 代表的なレンズ素子、R …… レチクル、W …… ウェハ

( 1 5 )

( 1 6 )



第 1 図



第 2 図

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 62-069617

(43)Date of publication of application : 30.03.1987

(51)Int.Cl.

H01L 21/30  
G03F 7/20

(21)Application number : 60-210744

(71)Applicant : NIPPON KOGAKU KK <NIKON>

(22)Date of filing : 24.09.1985

(72)Inventor : TANIMOTO SHOICHI

## (54) PROJECTION EXPOSURE DEVICE

### (57)Abstract:

**PURPOSE:** To maintain the constant projection status by a method wherein the pressure in air chambers is constantly controlled to pressurize lenses (optical elements) in one direction only while the pressure controlling the air chambers is offset.

**CONSTITUTION:** A constant pressure control system 30 is actuated to keep air chambers A, B at constant pressure not exceeding the lower limit value of (760-P2) mmHg of controlled pressure value in the other air chambers H, N or exceeding the upper limit value of (760+P1)mmHg of the same. Therefore lens elements

G2WG4 are constantly subject to a stress in one

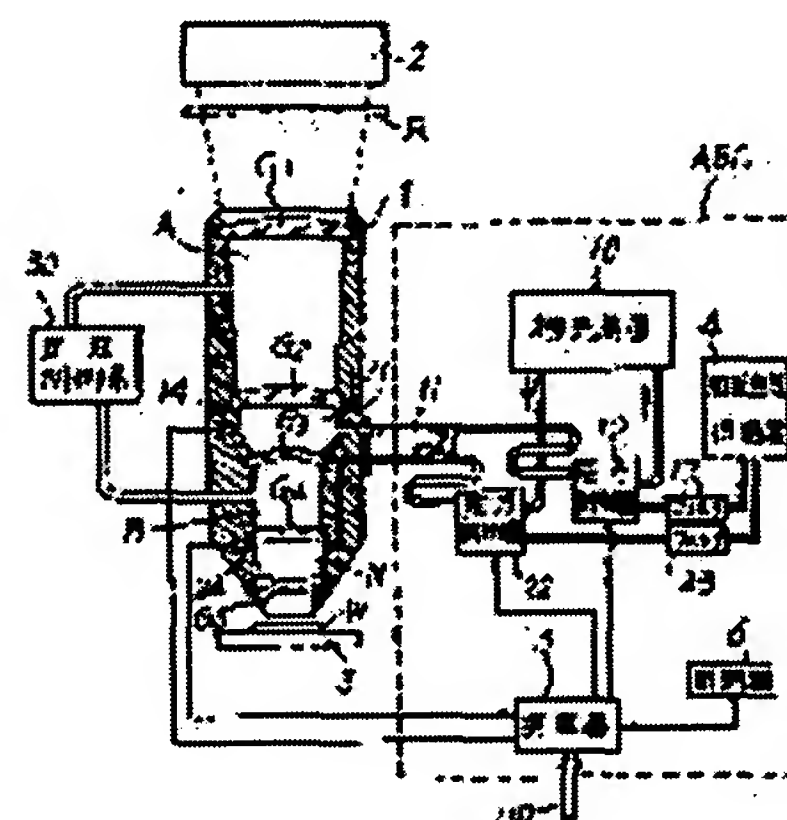
direction only regardless of the controlled value in the air

chambers H, N, i.e. the signs of differential pressure are

specified either in positive or negative only without changing from positive to negative or vice

versa. Thus the fixing of lens elements G2WG4 to a mirror cylinder can be devised in terms of said sign rule so that the lens elements G2WG4 may be restrained from long time fluctuation.

Through these procedures, the titled device can maintain the excellent image formation characteristics under no influence of looseness of lens elements.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office